Aus dem Hygienischen Institut
der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster i. W.
Direktor: Prof. Dr. K. W. Jötten.

Experimentelle Versuche bei einer neuen Methode für Entfärbung huminstoffreicher Wässer.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der ärztlichen Doktorwürde

vorgelegt einer Hohen Medizinischen
Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität zu Münster in Westfalen.

Von

Hermann Farwick

aus Telgte i. W.

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i. W.

1937.

Dekan: Prof. Dr. J. Mayr
Referent: Prof. Dr. Fr. Sartorius
Korreferent: Prof. Dr. K. W. Jötten.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i. W.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547221_0043

Infolge der torfigen und moorigen Beschaffenheit des Untergrundes haben wir in vielen Gegenden Deutschlands mit der Notwendigkeit zu rechnen, sog. humusstoffhaltiges Grundwasser zur Trinkwasserversorgung heranziehen zu müssen. Der Begriff „Humusstoffe" bezeichnet dabei eine Reihe von bräunlich färbenden Zersetzungsstoffen organischer Art, die sich bei Luftabschluß aus Pflanzenmaterial bilden. Odén hat in einer Übersicht die verschiedenen Ansichten über die Natur der in Frage stehenden Stoffe gesammelt und gegenübergestellt. Wir können aus der Zusammenstellung entnehmen, daß über die eigentliche Natur der Stoffe noch wenig Klarheit besteht. Odén versucht wenigstens drei Bestandteile, die Humussäure, die Hymatomelansäure und die Fulvosäure aus der übergroßen Fülle der verschiedenen Namengebungen herauszuholen und ihre Eigenart auf Grund der Löslichkeit, der Salzbildung und ihrer kolloidalen Eigenschaften anzuweisen. Von wesentlichem Interesse für die in der Arbeit folgenden Ausführung sind dabei einmal seine Studien über die Schutzkolloidwirkung, welche die Humusstoffe bei Fällungsprozessen ausüben können, eine Eigenschaft, die im übrigen zu Patenten zur Anwendung von Huminsäuren gegen Kesselsteinbildung geführt hat, ferner die Eigenschaft, mit bestimmten Kationen leichtlösliche, mit anderen, wie Fe und Cu, schwerlösliche Salze zu bilden. Obschon vom gesundheitlichen Standpunkt aus die Humusstoffe selbst als indifferent anzusehen sind, ist man doch immer des Aussehens und des torfigen Geruchs und Geschmacks wegen bestrebt gewesen, die Humusstoffe aus den betreffenden Wässern zu entfernen oder wenigstens sie darin zu vermindern. Denn eine leicht gelbliche Färbung des Wassers erweckt schon bei vielen Personen den Verdacht auf Verschmutzung und wird deshalb von ihnen als unappetitlich und als ungenießbar zurückgewiesen. Zu diesen nicht erwünschten Eigenschaften eines Trinkwassers kommt noch eine nachteilige Eigenschaft des huminreichen Wassers, die

neuerdings in den Arbeiten von Sartorius und Wever über die Lebensfähigkeit und Abtötung von Keimen in huminsäurehaltigen Trinkwässern festgestellt wurde. Hier wurde gezeigt, daß ein Gehalt von Huminsäuren in einem Wasser eine Keimkonservierung bedingt, d. h., daß durch das Vorhandensein von Huminsäuren die Lebensfähigkeit von Keimen begünstigt und ihre Lebenszeit verlängert wird. Dadurch wird natürlich bei einer evtl. pathogenen Keimverschmutzung eines Trinkwassers die Infektionsgefahr vergrößert, da eben durch die keimkonservierende Eigenschaft der an sich harmlosen Huminsäuren die Infektionsquelle länger unterhalten bleibt als in einem huminsäurefreien Wasser.

In der Erkenntnis dieser Tatsache wird man nun erklärlicher Weise immer mehr bestrebt sein müssen, die Humusstoffe, die also die Qualität des Trinkwassers in bezug auf Aussehen, Geruch und Geschmack beeinträchtigen und indirekt durch ihre keimschonende Wirkung eine gewisse Gefahrenquelle darstellen, aus dem Wasser zu beseitigen. Versuche und Anlagen, die bisher in dieser Richtung gemacht worden sind, zeigen, daß eine Entfernung der Humusstoffe aus manchen Wässern bestimmter Zusammensetzung mit den größten Schwierigkeiten verbunden sein kann. Mit einfacher Sandfiltration ist in den meisten Fällen kaum etwas zu erreichen; eher dagegen mit Zusätzen zum Wasser, welche durch die Art ihrer Reaktion mit den Salzen des Wassers zu Flockenbildungen führen, welche die kolloiden Humusstoffe einschließen. Nicht mitgefaßt werden hier aber zumeist die Humusstoffe mit leichter löslichem Charakter. Als Fällungsstoff solcher Art ist in erster Linie das Aluminiumsulfat zu nennen. Doch ist in vielen Fällen seine Anwendung nicht ausreichend. Für Not- und Kleinwasserversorgung hat Strell in Verbindung mit dem Aluminiumsulfat das „Humin" angegeben, das neben einer entkeimenden auch noch eine gute entfärbende Wirkung haben soll. Von Jötten wurde „Osmosil", eine reine amorphe Kieselsäure, auch in Verbindung mit $Al_2(SO_4)_3$, angegeben.

Ein anderes Verfahren, bei dem die Entfärbung durch die absorptive Wirkung von einer pulverförmigen Wasserreinigungskohle, dem „Hydraffin", hervorgerufen wird, ist von Sartorius angegeben worden. Hier wird zur völligen Entkeimung die gleich-

zeitige Anwendung von Chlorkalk + Hydraffin vorgeschlagen. Diese, wie die oben genannten mit besonderen Fällungsmitteln arbeitenden Methoden sind, wie schon erwähnt, für Not- und Kleinversorgungen gedacht und können für eine große Zentralversorgung nicht in Frage kommen.

Beeinträchtigungen der Anwendungsmöglichkeit des Aluminiumsulfats sind vor allem dadurch möglich, daß mangels richtiger Reaktion und richtigen Ca-Salzgehalts des Wassers die Flockung nicht genügend erzielt werden kann; insbesondere aber auch dadurch, daß auch bei genügendem Vorhandensein von Ca-Salzen die Schutzwirkung der Humusstoffe die Flockung ungemein verzögern kann. Dadurch kommt es dann entweder zu ungenügender Abfiltrierung der Aluminiumhydroxydflocken, zu Trübungen und Nachflockungen im Reinwasser oder zu Versuchen, durch überhöhten Aluminiumsulfatzusatz eine genügende Flockung und Reinigung des Wassers zu erzielen, was abgesehen von den Kosten wieder zu Nachteilen bestimmter Art führt. Die Aluminiumsulfatbehandlung des humushaltigen Wassers ist also nur dann angebracht, wenn man bei genauer Dosierung für eine genügende Reaktionszeit Sorge trägt und evtl. für die nicht mittels Flockung entfernbaren Färbungsreste eine Kohlebehandlung nachschaltet. Auf jeden Fall kann die Aluminiumsulfatbehandlung allein nicht als billiges und allgemein zuverlässiges Verfahren bezeichnet werden. Die Behandlung humushaltiger Wässer mit einem zweiten Mittel, der eben genannten Aktivkohle, kann bei leichten Färbegraden völlig ausreichend und wirtschaftlich am zweckmäßigsten sein. Der Erfolg beruht hier auf einer Absorption der färbenden Bestandteile. Besonders für kleinere Einzelversorgungen sowie für endgültige Schönung eines schon anderswie vorgereinigten Wassers ist daher die Aktivkohle am Platze.

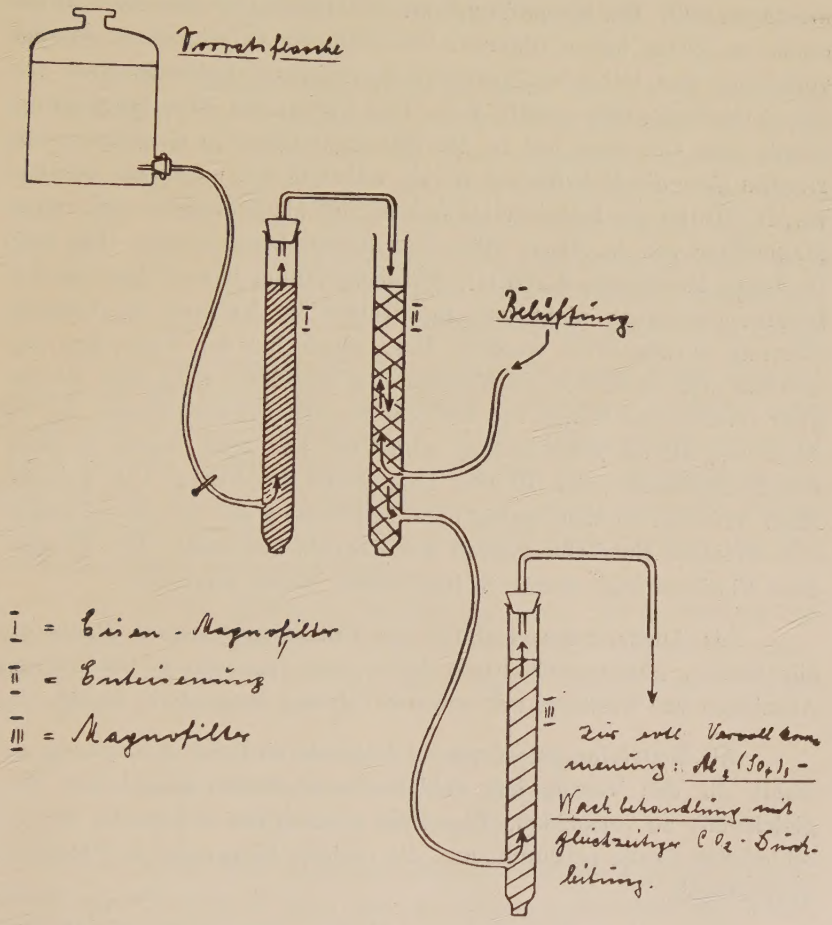
Als weiteres Verfahren ist dann das Ferro-Magno-Verfahren zu nennen, das von Sartorius ausgearbeitet wurde. In seiner ursprünglichen Form geht das Verfahren zur Reinigung in der Weise vor sich, daß das Rohwasser zunächst belüftet, d. h. mit Sauerstoff gesättigt wird. Dieses sauerstoffgesättigte Wasser durchströmt dann ein unter Wasser befindliches Eisenfilter aus Gußeisenspänen, wodurch Eisen im Wasser gelöst wird und sich einerseits mit

den Humusstoffen zu humussaurem Eisen bindet, andererseits mit den Salzen des Wasser Reaktionen eingeht, die zur Bildung von $Fe(OH)_3$-Flocken führen, die einschließende Fähigkeit haben. In nachfolgenden Filtern aus alkalisch wirkender Magnomasse, d. h. gebranntem Dolomitgestein, werden dann die Eisenverbindungen aus dem Wasser entfernt und der Reinigungsvorgang vervollständigt Die Vorteile dieses Verfahrens liegen vor allem in der weitaus besseren Wirksamkeit des Reinigungsvorganges. Gewisse Nachteile können dadurch gegeben sein, daß die Eisenlösung infolge besonderer Eigenart des vorliegenden Wassers periodenmäßig abnimmt, und damit öfters Spülungen des Eisenfilters notwendig werden.

Es schien nun angebracht, auf der Grundlage des Ferro-Magno-Verfahren Versuche darüber anzustellen, inwieweit sich etwa die Aluminiumsulfatwirkung bei gefärbten Wässern in zweckmäßiger und optimaler Weise mit dem Ferro-Magno-Verfahren kombinieren läßt. Dazu waren in erster Linie zunächst einmal Untersuchungen darüber anzustellen, wie sich die durch die Magnofilterung bewirkten Änderungen der Wasserbeschaffenheit auf die Flockungsbereitschaft des Aluminiumsulfats auswirken.

Schickt man durch ein einfaches Magnofilter von etwa 50 ccm Magno-Masse destilliertes Wasser, so zeigt sich folgendes: Es werden aus der Magnomasse bestimmte Anteile von MgO und CaO her ausgelöst und mengen sich dem Wasser bei; bei weichem Wasser natürlich mehr als bei hartem Wasser. Bei dem destillierten Wasser ergab sich nach dem Durchfluß durch ein einfaches Magnofilter von 50 ccm ein MgO-Gehalt von 19,41 mg/l und ein CaO-Gehalt von 3,7 mg/l. Diese leichte Vermehrung des Mg- und Ca-Gehaltes in Form der Hydroxyde, die demnach gleich eine Verschiebung der ph-Werte nach der alkalischen Seite mit sich bringt, nach meinen Messungen bis zu ph = 8,8, ist nun gerade zu einer Vervollkommnung des eben im Prinzip oben angedeuteten Ferro-Magno-Verfahrens sehr wertvoll; denn wie meine weiteren experimentellen Versuche lehren, zeigt sich, daß im Anschluß an das Ferro-Magno-Verfahren eine bedeutend bessere Ausnutzung des $Al_2(SO_4)_3$ erzielt werden kann, was natürlich sowohl hinsichtlich der Kostenfrage, wie auch hinsichtlich der vollständigen Entfärbungswirkung von Bedeutung ist.

Die von mir gewählte Versuchsanordnung läßt sich am besten an folgendem Schema schnell übersehen.



Danach durchfließt das humusstoffhaltige Rohwasser zunächst das Eisen-Magnofilter. Die Durchflußgeschwindigkeit betrug hier, wie bei allen später folgenden Filtrierversuchen, 1,5 l pro Std. Sie konnte durch eine Klemme im Zufluß reguliert werden. Die Bestandteile des Eisen-Magnofilters waren metallisches Eisen (Eisendreh-

späne) und Magno-Masse von 0,5—1 mm Korngröße, die im Volumenverhältnis 1:1 gemischt waren. Die gesamte Eisen-Magnofiltermasse betrug ca. 800 ccm und wurde in ein Glasrohr von 3,5 cm Durchmesser gefüllt. Die hierauf folgende Enteisenungsanlage bestand aus einem ca. 70 cm hohen Glasrohr von gleichem Durchmesser wie das vorherige, das mit eisen-hydroxyd-überzogenen Koksstückchen von 0,5—1 cm Korngröße gefüllt war. Das Filtrat des Eisenmagnofilters wurde nun von oben her in die Enteisenungsröhre eingeleitet und rieselte über die Koksflächen herab, während von unten her belüftet wurde. Hinter der Enteisenung befand sich als Schlußfilter ein reines Magnofilter von ca. 65 cm Höhe und 3,5 cm Durchmesser. Die evtl. in Frage kommende $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung konnte hier im Laboratoriumversuch nicht gut unmittelbar im Verlauf der Gesamtfilterung durchgeführt werden. Hier wurde bei den Versuchen, bei welchen eine $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung stattfand, nach dem Magnofilter jeweils eine Menge von 100 ccm des Filtrats entnommen, 2,5 mg $Al_2(SO_4)_3$ als 0,5 %ige Lösung zugesetzt, und dann wurde in einer Belüftungsflasche etwa 10 Min. lang durch das Filtrat CO_2 geleitet. Nach weiteren 10 Min. wurde nach Entfernung der $Al(OH)_3$-Flocken der erreichte Entfärbungsgrad des Filtrats bestimmt. Die entstandene Flockenmenge wurde in besonderer Weise ermittelt.

Als Ausgangsmaterial für die Filtrationsversuche diente ein künstliches, humusstoffhaltiges Rohwasser, das durch 24stündiges Ausziehen von Stalltorf mit warmem Wasser hergestellt wurde.

Als Beurteilungstest wurde folgende einfache Anordnung gewählt, die den Vorzug hat, fehlerhafte Farbtöne künstlicher Vergleichstoffe zu vermeiden. Es wurde einfach das Rohwasser in verschiedenen Grade verdünnt, und die erzielte Reinigung in Prozenten ausgedrückt.

Neben diesen Testen für die Entfärbung wurde dann die Verbesserung der Ausflockungsbereitschaft des Aluminiumsulfats durch die Filtervorbehandlung in folgender Weise geprüft. Von den Filtraten wurden jeweils 100 ccm mit verschiedenen Mengen von Aluminiumsulfat versetzt und in verschiedener Weise, wie später noch gezeigt wird, weiter behandelt. Die sich dann bildenden Flocken wur-

den in besonderen graduierten Spitzröhrchen abzentrifugiert und die dabei entstandenen Niederschlagsmengen abgelesen und miteinander verglichen. Für die hier zu prüfende Fragestellung genügt diese etwas rohe Art der quantitativen Feststellung des Niederschlages durchaus.

In der Gesamtanlage wurde zunächst ohne $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung ein Entfärbungsgrad, von 90—95 % erreicht. Von diesen 90 % entfielen 60—65 % auf das Eisen-Magnofilter und 25—30 % auf die Enteisenung und auf das Magno-Schlußfilter. Bei einem nicht allzu hohen Gehalt eines Wassers an Humusstoffen wird man also ohne eine $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung auskommen können. Wird aber hiermit die Entfärbung als noch nicht zufriedenstellend gefunden, so kann hier die $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung Anwendung finden

Die Nachbehandlung wurde dabei in folgender Weise nach verschiedener Möglichkeit der Anwendung untersucht. Zunächst sollte festgestellt werden, ob Unterschiede der Flockungsmengen entstehen, wenn einfache Leitungswasser-Magnofiltrate im Gegensatz zu einfachem nicht filtriertem Leitungswasser mit Aluminiumsulfat behandelt und weiterhin mit Luft oder CO_2 durchspült wurden. Die Versuchsanordnung war dabei folgende:

Es wurden jeweils 6 Belüftungsflaschen mit je 100 ccm des zum Versuch gelangenden Wassers beschickt: a) einfaches Leitungswasser, b) Magnofiltrate, und $Al_2(SO_4)_3$) in aufsteigenden Mengen zugesetzt; es wurden zusetezt:

zu je 2 Flaschen 2,5 mg $Al_2(SO_4)_3$
zu je 2 Flaschen 5,0 mg $Al_2(SO_4)_3$
zu je 2 Flaschen 25,0 mg $Al_2(SO_4)_3$.

Von diesen Belüftungsflaschen mit gleichem $Al_2(SO_4)_3$-Zusatz wurde nun die eine 10 Min. lang mit einer CO_2Durchleitung behandelt, und zum Vergleich wurde die andere 10 Min. lang nur mit einer mechanisch wirkenden Belüftung behandelt. Hierauf wurde nach weiteren 10 Min. die Ausflockungsmenge und bei späteren Versuchen mit gefärbtem humusstoffhaltigem Wasser auch der Entfärbungsgrad gemessen. Es ergaben sich dabei die in den folgenden Tabellen niedergelegten Flockungsmengen.

I. Leitungswasser + $Al_2(SO_4)_3$.

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge
2,5	Spur
5,0	0,005
25 0	0,045

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge
2,5	Spur
5,0	0,015
25,0	0,045

II. Magnofiltrat + $Al_2(SO_4)_3$.

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge
2.5	0,035
5,0	0 070
25,0	0 090

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge
2,5	0,02
5 0	0,04
25,0	0,12

Wie die Tabellen zeigen, bestand zwischen den Versuchen I, 1 und I, 2 kein wesentlicher Unterschied. Ein Vergleich der Versuche I und II dagegen bringt deutlich im Versuch II die ausfällungsfördernde Wirkung der Magnofiltration zum Ausdruck. Die Ausflokkungsmenge des Magnofiltrats war besonders bei den niedrigen $Al_2(SO_4)_3$)-Zusätzen mehr als doppelt so groß wie die des einfachen

Leitungswassers. Wodurch diese Steigerung der Ausflockungsbereitschaft bedingt ist, ist oben schon erwähnt.

In zwei weiteren Versuchen mit derselben Versuchsanordnung kam dann statt Leitungswasser künstlich hergestelltes Huminwasser zur Anwendung. Hier sollte neben der Ausflockung gleichzeitig der erreichte Entfärbungsgrad festgestellt werden. Die folgenden Tabellen sind nach den bisherigen Ausführungen ohne weiteres verständlich.

III. Huminleitungswasser ohne Magnofiltration + $Al_2(SO_4)_3$

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	Spur	0 %
5,0	0,005	ca. 25 %
25,0	0,080	ca. 80 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	Spur	0 %
5,0	0,005	ca. 25 %
25,0	0,070	ca. 80 %

IV. Huminleitungswasser durch Magnofilter filtriert + $Al_2(SO_4)_3$

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0 045	ca. 80 %
5,0	0.050	ca. 90 %
25,0	0,100	ca. 95 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0.020	ca. 80 %
5,0	0,070	ca 90 %
25,0	0,100	95 %

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse von III und IV zeigt, daß auch hier, wie bei den ersten Versuchen mit Leitungswasser, durch die Magnofiltration eine deutlich sichtbare Erhöhung der Ausflockung und damit auch des Entfärbungsgrades bewirkt wurde. Was bei Versuch III o h n e Magnofiltration mit einem Zusatz von 25 mg $Al_2(SO_4)_3$ an Entfärbung erreicht wurde, wurde hier bei Versuch IV m i t Magnofiltration schon bei einem Zusatz von 2,5 mg $Al_2(SO_4)_3$ erreicht.

Diese Wirkung des Magnofilters kann nun auch bei der neuen kombinierten Methode der Eisen-Magnobehandlung nach S a r t o r i u s bei einer evtl. $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung zur Geltung kommen; hier wurden in entsprechenden Versuchen bei der CO_2-Durchleitung die besten Ergebnisse erzielt. Das Filtrat der Gesamtanlage hatte ohne $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung einen Entfärbungsgrad von ca. 90 % erreicht, also eine Verminderung der Färbung um 90 %. Zur Vervollkommnung dieses Filtrats, dessen Ausflockungsbereitschaft durch das Magnoschlußfilter begünstigt wurde, fand eine $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung statt, um die restliche Gelbfärbung zum Verschwinden zu bringen. Wie weit diese restliche Entfärbung stattfand, zeigt folgende Tabelle:

V. H u m i n l e i t u n g s w a s s e r durch E i s e n - M a g n o f i l t e r, E n t e i s e n u n g und M a g n o f i l t e r filtriert + $Al_2(SO_4)_3$.

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0,01	ca. 95 %
5,0	0,01	ca. 95 %
25,0	0,10	97,5 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0,02	fast 97,5 %
5,0	0,03	fast 100 %
25,0	0,10	fast 100 %

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, ist hier die CO_2-Durchleitung der einfachen Belüftung überlegen. Die erreichten Entfärbungsgrade bei der CO_2-Durchleitung entsprechen bei 2,5 mg $Al_2(SO_4)_3$-Zugabe einer Verminderung der Färbung um ungefähr 97,5 %, bei 5,0 mg und 25,0 mg Zusatz einer Verminderung um mehr als 97,5 %. Es konnte also ein stark gelbes Huminwasser durch die kombinierte Behandlung so weitgehend entfärbt werden, daß es praktisch vollkommen klar wurde.

Im Anschluß an diese Versuche wurde dann noch die Frage behandelt, ob eine evtl. Vorbehandlung des Ausgangswassers mit Chlor die Entfärbungswirkungen der neuen Methode gegenüber der einfachen Belüftung verbessern könne; und zwar aus dem Gedanken heraus, daß das aktive Chlor entweder die Huminsubstanzen selbst angreifen und fällungsbereiter machen könne, oder durch besseren Angriff auf das Eisen im Eisen-Magnofilter eine Verbesserung der Wirkung erzielen könne. Es wurde zu diesem Zwecke das huminsaure Ausgangswasser mit 10 mg Cl pro Liter gechlort und nun in üblicher Weise filtriert und nachbehandelt. Als Kontrolle diente in gleicher Weise behandeltes sauerstoffgesättigtes huminsaures Ausgangswasser. Es ergaben sich dabei folgende Ergebnisse:

VI. Huminleitungswasser mit 10 mg Cl/l durch Eisen-Magnofilter filtriert + $Al_2(SO_4)_3$.

(Entfärbungsgrad nach Eisenmagnofilter: 50 %.)

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	Spur	75 %
5,0	0,01	ca. 80 %
25,0	0,09	95 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	Spur	ca. 80 %
5,0	0,01	90 %
25,0	0,08	95 %

VII. Sauerstoffreiches Huminleitungswasser durch Eisen-Magnofilter filtriert + $Al_2(SO_4)_3$.

(Entfärbungsgrad nach Eisen-Magnofilter: 60 %.)

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0 01	ca. 80 %
5,0	0,01	ca. 90 %
25,0	0,07	ca. 97 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0,020	ca. 90 %
5,0	0,035	95 %
25,0	0,070	ca. 97 %

Die Ergebnisse zeigen, daß sowohl ohne als auch mit $Al_2(SO_4)_3$-Behandlung die Entfärbungsgrade bei dem Cl-vorbehandelten Ausgangswasser schlechter waren als diejenigen bei sauerstoffgesättigtem Ausgangswasser; damit hat sich also die Chlorvorbehandlung unter diesen Verhältnissen als nicht geeignet erwiesen, die Entfärbung zu fördern.

Die bisher beschriebenen mit künstlichem humusstoffhaltigem Wasser angestellten Versuche konnten dann in der gleichen Weise mit natürlichem humusstoffreichem Wasser der Insel Borkum angesetzt werden. Es wurden dabei dieselben Entfärbungsgrade erzielt wie bei dem künstlich hergestellten Huminwasser; ja die Resultate waren hier insofern noch bessere, als das Rohwasser noch stärker gelb gefärbt war als bei den künstlichen Torfauszügen. Als Beweis zeigt folgende Tabelle ein Ergebnis aus einem mit dem natürlichen, humusstoffhaltigen Wasser angesetzten Versuch.

Ohne $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung lag der Entfärbungsgrad des Filtrates zwischen 90 und 95 %. Durch die zur weiteren Vervollkommnung angestellte $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung wurde eine Verbesserung bis zu 97,5 % resp. 100 % Entfärbung herbeigeführt. Auch hier zeigte sich die günstigere Wirkung der CO_2-Durchleitung.

VIII. Natur-Rohwasser durch Eisen-Magnofilter. Enteisenung und Magnofilter filtriert + $Al_2(SO_4)_3$.

1. belüftet.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0,025	95 %
5,0	0,035	97,5 %
25,0	0,13	fast 100 %

2. CO_2-Durchleitung.

$Al_2(SO_4)_3$ in mg	Flockungsmenge	Entfärbungsgrad
2,5	0,025	fast 100 %
5,0	0,035	fast 100 %
25,0	0,14	fast 100 %

Die hier wiedergegebenen Versuchsergebnisse dürfen in ihren günstigen Ergebnissen natürlich nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, da gerade bei natürlich huminsauren Wässern die Zusammensetzung der Wässer großen Schwankungen unterworfen ist. Insbesondere dürfte für die richtige Reaktionsfähigkeit sowohl des gelösten Eisens wie auch des etwa zur Nachbehandlung zugesetzten $Al_2(SO_4)_3$ die Anwesenheit genügend reichlicher anderer Ionen, insbesondere die Anwesenheit genügender Mengen von Ca-Salzen eine wichtige Rolle spielen. Da diese Veränderungen gegebenenfalls auch die günstigen Wirkungen einer $Al_2(SO_4)_3$-Nachbehandlung beeinflussen können, müßten in dieser Beziehung Dauerversuche den kurvenmäßigen Verlauf der $Al_2(SO_4)_3$-Behandlung weiter klären. Es wird daher eine weitere Aufgabe sein, nachzuprüfen, inwieweit sich bei den ja vielfach ionenarmen, natürlichen huminsauren Grundwässern ähnlich günstige Bedingungen für die Entfärbung schaffen lassen, wie sie sich hier bei der Heranziehung von Wässern zeigten, die verhältnismäßig reich an reaktionsfähigen Ca-Verbindungen und anderen Ionenarten waren. Weiterhin muß im Auge behalten werden, daß die Abgabe von alkalisierenden Ionen von der Magnomasse im Laufe der Zeit Veränderungen unterworfen ist.

Zusammenfassung.

Es sollte in Modellversuchen geprüft werden, wie sich bei bestimmten humusstoffhaltigen Wässern im Anschluß an eine vorherige Filtrierung und Entfärbung durch ein kombiniertes Filter aus Eisen und Magnomasse ein nachträglicher Zusatz von $Al_2(SO_4)_3$ in Hinsicht auf die Verbesserung der Entfärbungswirkung auswirkt. Es konnte festgestellt werden, daß bei der vorliegenden Beschaffenheit des humusstoffhaltigen Wassers, d. h. bei relativem Ionenreichtum und günstigem Gehalt an reaktionsfähigen Ca-Salzen, die schon durch die Eisen-Magnofilterung eingeleitete Entfärbung durch nachfolgende Behandlung mit $Al_2(SO_4)_3$ noch recht wirksam verbessert werden konnte. Die erzielten günstigen Ergebnisse können wegen der sehr wechselnden Beschaffenheit der natürlichen huminsauren Wässer nicht ohne weiteres verallgemeinert werden.

Schrifttum-Nachweis.

Chemiker-Kalender 1934: Verlag: Springer, Berlin.

Gärtner: Die Hygiene des Wassers, Braunschweig 1915. Verlag: Friedr. Vieweg und Sohn.

Jötten: Selbstbereitung von einwandfreiem Trinkwasser im Felde. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 81, S. 208.

Klut: Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1916. Verlag: Jul. Springer.

Ohlmüller-Spittia: Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers. Berlin 1931. Verlag: Jul. Springer.

Sartorius: Über Entfärbung huminstoffhaltiger Wässer. Ges. Ing. Nr. 42, Jahrg. 59, 1936.

Wever: Über die Lebensfähigkeit und Abtötung von Keimen in huminsäurehaltigen Trinkwässern. Diss. Münster 1935.

Lebenslauf.

Am 22. März 1910 wurde ich als Sohn des Landwirts Theodor Farwick zu Telgte i. Westf. geboren. Ostern 1929 erhielt ich an der Konrad-Schlaun-Oberrealschule zu Münster i. Westf. das Reifezeugnis. Ich entschloß mich zum Studium der Medizin. Meine vorklinischen Semester verbrachte ich in Münster. Im Wintersemester 1931/32 bestand ich die ärztliche Vorprüfung. Nach weiteren fünf klinischen Semestern, von denen ich ein Semester in Wien und vier wieder in Münster verbrachte, bestand ich im Sommersemester 1935 das ärztliche Staatsexamen. Als Medizinalpraktikant war ich am Hygienischen Institut der Universität zu Münster, an der Universitäts-Hautklinik zu Münster und auf der inneren Abteilung des St.-Franziskus-Hospitals zu Münster tätig. Nach Ablauf des Praktikantenjahres blieb ich im St.-Franziskus-Hospital tätig.